

Installation à vagues artificielles dynamiques pour la pratique du surf

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 L'invention a trait aux installations à vagues artificielles dynamiques pour la pratique du surf.

ETAT DE LA TECHNIQUE

On sait que les vagues artificielles dynamiques reproduisent les vagues naturelles qui se propagent et ne doivent pas être confondues avec les
10 vagues artificielles statiques qui sont formées par une couche d'eau d'épaisseur uniforme, par exemple de l'ordre de 10 cm, projetée sur une paroi inclinée.

Dans le présent document, il est entendu que les références aux vagues artificielles doivent se comprendre comme visant les vagues artificielles dynamiques et non les vagues artificielles statiques.

15 On connaît déjà par la demande de brevet français 3 039 421, à laquelle correspond la demande internationale WO 2017/017319, une installation à vagues artificielles pour la pratique du surf, comportant :

- un support présentant une surface supérieure comportant une zone de bord, une zone d'évolution de vagues et une zone culminante, la zone
20 d'évolution de vagues s'étendant, en pente vers le haut, de la zone de bord à la zone culminante ;
- de l'eau située au-dessus de ladite zone de bord et de ladite zone d'évolution de vagues ; et
- un générateur de vagues artificielles comportant au moins un
25 élément d'entraînement d'eau mobile au-dessus de la zone de bord suivant un trajet prédéterminé, ledit générateur de vagues et ladite surface supérieure du support étant configurés pour que quand le générateur de vagues est en service, l'élément mobile est suivi latéralement par une vague se déplaçant dans l'eau vers la zone d'évolution de vagues au contact de laquelle la vague
30 générée déferle vers la zone culminante.

Des exemples de réalisation de cette installation sont décrits ci-après à l'appui des figures 1 à 6 des dessins annexés.

[Fig 1] La figure 1 est une vue de dessus d'un premier exemple de réalisation de cette installation dont le générateur de vagues artificielles est au repos.

[Fig 2] La figure 2 est la vue en coupe repérée par II-II sur la figure 1.

5 [Fig 3] La figure 3 est la vue en coupe repérée par III-III sur la figure 1.

[Fig 4] La figure 4 est une vue semblable à la figure 1 mais avec le générateur de vagues artificielles en service.

10 [Fig 5] La figure 5 est la vue en coupe repérée par V-V sur la figure 4.

[Fig 6] La figure 6 est une vue semblable à la figure 2 pour un second exemple de réalisation de cette installation.

L'installation 10 illustrée sur les figures 1 à 5 comporte une plateforme flottante 11 ici à contour externe circulaire et un générateur de vagues artificielles 12 installé sur la plateforme 11.

15 La plateforme 11 présente une surface supérieure 14 comportant une zone de bord 15, une zone d'évolution de vagues 16 et une zone culminante 17.

20 Le générateur 12 de vagues artificielles comporte quatre éléments 20 d'entraînement d'eau, chacun mobile suivant un trajet prédéterminé 21, qui est ici circulaire.

Chaque élément mobile 20 se déplace au-dessus de la zone de bord 15.

25 L'installation 10 est située dans une étendue d'eau calme, sans ou avec très peu de perturbations telles que des vagues naturelles. Le rivage de l'étendue d'eau est à distance de l'installation 10, qui forme donc une île.

Quand le générateur de vagues 12 est au repos, c'est-à-dire lorsque les éléments mobiles 20 sont fixes, la zone culminante 17 est émergée.

30 Sur les figures 1 et 4, la limite entre les zones émergées et immergées quand le générateur de vagues est au repos, est représentée par une ligne 18 en trait mixte.

Lorsque le générateur de vagues 12 est en service, chaque élément mobile 20 est suivi latéralement, ainsi qu'on le voit bien sur la figure 4, par une vague 22 se déplaçant vers la zone d'évolution de vagues 16, au contact de laquelle la vague 22 générée déferle vers la zone culminante 17.

5 La plateforme 11 a par exemple un diamètre de 60 à 80 m voire davantage et les vagues 22 une hauteur de l'ordre de 2 m pour la pratique du surf traditionnel (surfeur debout sur une planche) ; tandis que pour la pratique du surf couché sur une planche appropriée (bodyboard) l'installation a par exemple un diamètre de 18 à 22 m voire davantage et les vagues 22 ont une
10 hauteur de l'ordre de 50 à 60 cm.

Ici, l'étendue d'eau est formée par une anse ou une baie maritime abritée.

En variante, l'anse ou baie maritime est remplacée par une autre étendue d'eau en environnement naturel, par exemple un lac ou une rivière s'il
15 n'y a pas trop de courant, ou en environnement artificiel, par exemple un bassin en maçonnerie.

Le milieu aquatique 23 (ici, la mer) avec lequel coopèrent la plateforme 11 et le générateur de vagues 12 comporte une région 24, appelée région aquatique interne, située au-dessus de la zone de bord 15 et de la zone
20 d'évolution de vagues 16.

En outre de la région aquatique interne 24, le milieu aquatique 23 comporte, à l'extérieur de la plateforme 11 le long de la zone de bord 15, une région 25, appelée région aquatique externe supérieure, située plus haut que la zone de bord 15 et une région 26, appelée région aquatique externe profonde,
25 située plus bas que la zone de bord 15.

Le milieu aquatique 23 comporte enfin, en-dessous de la plateforme 11, une région 27, appelée région aquatique sous-jacente.

La région aquatique externe profonde 26 et la région aquatique externe supérieure 25 sont contigües horizontalement.

30 La région aquatique interne 24 et la région aquatique externe supérieure 25 sont contigües verticalement.

De même, la région aquatique sous-jacente 27 et la région aquatique externe profonde 26 sont contigües verticalement.

Il est bien entendu que la subdivision du milieu aquatique 23 en régions aquatiques 24 à 27 est uniquement basée sur la localisation des régions en question par rapport à la plateforme 11, c'est-à-dire que les régions 24 à 27 désignent des lieux où se trouve de l'eau et non des volumes d'eau isolés.

On notera à cet égard qu'il n'y a pas de parois étanches aux liquides isolant les différentes régions aquatiques 24 à 27 les unes des autres.

Au contraire, l'eau du milieu aquatique 23 (ici, de l'eau de mer) circule entre les différentes régions aquatiques 24 à 27.

Ainsi, quand le générateur de vagues 12 est au repos, l'ensemble du milieu aquatique 23 a le même niveau de surface.

En particulier, comme on le voit bien sur les figures 1 à 3, le niveau de la surface de la région aquatique interne 24 est identique au niveau de la surface de la région aquatique externe supérieure 25.

Pour protéger les surfeurs contre d'éventuels prédateurs marins, il peut être prévu une grille ou un filet 28 (montré schématiquement sur les seules figures 2, 3 et 5) entre la région aquatique interne 24 et la région aquatique externe supérieure 25. De même, une grille ou un filet (non représenté) peut être prévu autour du trajet 21 pour éviter tout contact entre les éléments mobiles 20 et les surfeurs.

La surface supérieure 14 de la plateforme 11 comporte, en outre de la zone de bord 15, de la zone d'évolution de vagues 16 et de la zone culminante 17, une crête 30 et une zone 31 en dépression par rapport à la crête 30.

La crête 30 se trouve entre la zone culminante 17 et la zone en dépression 31. Plus précisément, la crête 30 se trouve entre le sommet de la zone culminante 17 et le sommet de la zone en dépression 31.

Comme on le voit bien sur les figures 4 et 5, la zone culminante 17 et la zone en dépression 31 sont configurées pour que quand le générateur de vagues 12 est en service, l'eau en fin de parcours des vagues 22 franchisse la

crête 30 et tombe dans un volume 32 délimité par la zone en dépression 31, ce volume étant appelé volume de recueil.

Des ouvertures 33 ou 39 ménagées au travers de la plateforme 11 débouchent respectivement dans le volume de recueil 32 et dans la région
5 aquatique sous-jacente 27.

La région aquatique sous-jacente 27 fournit une communication fluide reliant la région aquatique externe profonde 26 aux ouvertures 33 ou 39, et donc au volume de recueil 32.

Il en résulte, comme on le voit bien sur les figures 2 et 3, que le
10 niveau de la surface du volume de recueil 32 reste le même que pour l'ensemble du milieu aquatique 23 quand le générateur de vagues 12 est au repos ou, comme on le voit bien sur la figure 5, le même que pour le milieu aquatique 23 en-dehors de la région aquatique interne 24 quand le générateur de vagues 12 est en service.

15 Ainsi, quand le générateur de vagues 12 est en service, l'eau en fin de parcours des vagues 22 quitte la région aquatique interne 24 en tombant dans le volume de recueil 32 d'où elle est évacuée sans passer par la région aquatique interne 24 puisque la communication fluide est située sous la plateforme 11.

20 La région aquatique externe supérieure 25 n'est pas non plus perturbée, ou alors très peu, puisque c'est la région aquatique externe profonde 26 qui est en communication avec le volume de recueil 32.

La région aquatique interne 24, et d'ailleurs la région aquatique externe supérieure 25, n'étant ainsi pas perturbées par le ressac, ou à tout le
25 moins très peu perturbées, il est possible d'avoir un délai très court entre deux vagues 22 successives.

Au surplus, la plateforme 11 est relativement peu sollicitée mécaniquement par les vagues 22 puisque l'eau est guidée vers le volume de recueil 32 à partir duquel elle rejoint naturellement la région aquatique sous-
30 jacente 27 qui communique avec la région aquatique externe profonde 26.

On va maintenant expliquer comment la plateforme 11, qui est flottante ainsi qu'indiqué ci-dessus, est maintenue en place dans le milieu aquatique 23.

5 D'une façon générale, la flottabilité de la plateforme 11 est prévue pour que la zone de bord 15 soit à une distance prédéterminée sous le niveau de surface du milieu aquatique 23.

Cette distance prédéterminée est celle qui convient pour le bon fonctionnement du générateur de vagues 12.

10 Pour maintenir la plateforme 11 vis-à-vis du fond 35 du milieu aquatique 23, des liens 36 tels que des chaînes sont prévus entre la plateforme 11 et des corps-morts 37 posés sur le fond 35.

Il est également prévu un pieu 38 fixé au fond 35, engagé dans une ouverture centrale 39 de la plateforme 11.

15 Lors des changements de niveau de surface de la plateforme dus à la marée, la plateforme 11 coulisse vis-à-vis du pieu 38 et les liens 36 retiennent la plateforme 11, en particulier pour éviter qu'elle tourne autour du pieu 38.

20 En variante, la plateforme 11 est maintenue différemment vis-à-vis du fond 35, par exemple uniquement avec des liens tels que 36 ou uniquement avec des pieux tels que 38.

Ici, la plateforme 11 est fabriquée en matériaux composites à la façon d'une paroi de coque de bateau.

25 En variante, les matériaux composites sont remplacés par d'autres matières utilisées pour la fabrication des coques de bateaux, par exemple de l'aluminium ou du bois.

Pour ajuster la flottabilité de la plateforme 11, il est prévu des caissons (non représentés) pouvant être plus ou moins remplis d'eau.

30 En utilisation normale, les caissons sont remplis pour ajuster la flottabilité comme il vient d'être indiqué, c'est-à-dire pour que la zone de bord 15 soit à la distance prédéterminée voulue sous le niveau de surface du milieu aquatique.

Si l'on désire que la plateforme 11 émerge davantage, par exemple pour des opérations de maintenance, les caissons sont vidés.

Si l'on désire que la plateforme 11 s'enfonce davantage, par exemple pour reposer sur le fond 35 en cas de tempête, les caissons sont remplis.

5 En variante, la plateforme 11 n'est pas flottante mais par exemple soutenue par des pylônes fixés sur le fond 35.

En outre de la plateforme 11 et du générateur de vagues 12, l'installation 10 comporte un épi 40 assujéti à la plateforme 11.

10 L'épi 40 saille vers le haut depuis la zone d'évolution de vagues 16 en s'étendant au travers de la région aquatique interne 24 depuis la zone culminante 17 vers la zone de bord 15.

15 L'épi 40 présente une surface supérieure 41 comportant une première zone latérale 42, une deuxième zone latérale 43 située du côté opposé à la première zone latérale 42 et une zone intermédiaire 44 s'étendant de la première zone latérale 42 à la deuxième zone latérale 43.

Ici, la zone intermédiaire 44 comporte une première crête 45 et une deuxième crête 46, chacune émergée quand le générateur de vagues 12 est au repos.

20 La zone intermédiaire 44 comporte également une zone 47 en dépression par rapport à la première crête 45 et à la deuxième crête 46, la première crête 45 se trouvant entre la première zone latérale 42 et la zone en dépression 47, la deuxième crête 46 se trouvant entre la deuxième zone latérale 43 et la zone en dépression 47.

25 Plus précisément, la première crête 45 se trouve entre le sommet de la première zone latérale 42 et l'un des deux sommets de la zone en dépression 47 ; et la deuxième crête 46 se trouve entre le sommet de la deuxième zone latérale 43 et l'autre sommet la zone en dépression 47.

30 La première crête 45, la deuxième crête 46 et la zone en dépression 47 sont configurées pour que quand le générateur de vagues 12 est en service, l'eau en fin de parcours des vagues 22 franchisse la première crête 45 ou la deuxième crête 46 et tombe dans un volume 48 délimité par la zone en dépression 47, appelé ci-après volume de recueil.

Ici, le volume de recueil 48 de l'épi 40 et le volume de recueil 32 de la plateforme 11 sont contigus verticalement.

Plus précisément, ici, comme on le voit bien sur les figures 1 à 3, la zone en dépression 47 qui délimite le volume de recueil 48 a un profil en U et la zone en dépression 31 qui délimite le volume de recueil 32 est de forme générale tronconique avec une interruption au droit de l'épi 40. Les zones en dépression 31 et 47 se raccordent au niveau de l'interruption.

La crête 30 de la plateforme 11 se raccorde à une extrémité à la première crête 45 de l'épi 40 et se raccorde à l'autre extrémité à la deuxième crête 46 de l'épi 40.

Du côté opposé à celui où il se raccorde au volume de recueil 32, le volume de recueil 48 débouche ici au niveau de la jonction entre la zone d'évolution de vagues 16 et la zone de bord 15.

Le volume de recueil 48 est ainsi en communication fluidique avec la région aquatique externe supérieure 25 via la partie de la région aquatique interne 24 qui est située au-dessus de la zone de bord 15.

Des ouvertures 49, semblables aux ouvertures 33, sont ménagées au travers de la partie la plus basse de la paroi qui forme la zone en dépression 47. Les ouvertures 49 débouchent respectivement dans le volume de recueil 48 et dans la région aquatique sous-jacente 27.

Le volume de recueil 48 est ainsi en communication fluidique, via la région aquatique sous-jacente 27, avec la région aquatique externe profonde 26.

L'eau en fin de parcours des vagues tombée dans le volume de recueil 48 est ainsi évacuée vers la région aquatique externe profonde 26 et/ou la région aquatique externe supérieure 25.

Le volume de recueil 48, du fait qu'il rejoint le volume de recueil 32, peut participer à l'évacuation de l'eau tombée dans le volume de recueil 32.

L'assujettissement entre la plateforme 11 et l'épi 40 est ici réalisé du fait que la plateforme 11 et l'épi 40 sont d'une seule pièce, la plateforme 11 et l'épi 40 étant fabriqués conjointement en matériaux composites à la façon d'une paroi de coque de bateau.

En variante, les matériaux composites sont remplacés par d'autres matières utilisées pour la fabrication des coques de bateaux, par exemple de l'aluminium ou du bois.

En variante, l'épi 40 est une pièce rapportée sur la plateforme 11.

5 Le générateur de vagues 12 comporte, ainsi qu'indiqué ci-dessus, quatre éléments 20 d'entraînement d'eau, chacun mobile suivant le trajet prédéterminé 21, qui est ici circulaire.

Chaque élément mobile 20 se déplace au-dessus de la zone de bord 15, dans le sens montré par des flèches sur la figure 4, en entraînant de l'eau
10 vers la zone d'évolution de vagues 16.

Plus précisément, chaque élément mobile 20 est suivi latéralement par une vague 22 se déplaçant vers la zone d'évolution de vagues 16. Au contact de la zone d'évolution de vagues 16, la vague 22 déferle vers la zone culminante 17.

15 Les éléments mobiles 20 sont disposés sur le trajet 21 en étant équidistants angulairement.

Le générateur 12 de vagues artificielles est d'un type bien connu, par exemple tel que décrit par le brevet américain 3,913,332.

On notera qu'il est possible de conformer les éléments mobiles 20
20 pour qu'ils puissent également générer des vagues en se déplaçant dans le sens inverse à celui illustré sur la figure 4.

L'installation 10 offre ainsi aux surfeurs la possibilité d'évoluer sur des vagues déferlant vers la droite ou sur des vagues déferlant vers la gauche, suivant le sens de déplacement des éléments mobiles 20.

25 La surface supérieure 14 de la plateforme 11 comporte ici, entre la zone de bord 15, qui est horizontale, et la zone d'évolution de vagues 16, qui est inclinée, une zone d'épaulement 50 qui est verticale ou sensiblement verticale.

La zone d'épaulement 50 crée un obstacle à la propagation de l'eau
30 mise en mouvement par l'élément mobile 20, ce qui est favorable à la qualité, pour la pratique du surf, de la vague générée avant qu'elle déferle sur la zone d'évolution de vagues 16.

L'épi 40, qui est disposé en travers de la région aquatique interne 24, permet d'interrompre un éventuel courant d'eau tournant autour de la zone culminante 17.

On notera en particulier que les vagues 22 sont arrêtées par l'épi 40 ;
5 et qu'après que l'élément mobile 20 a franchi l'épi 40 une nouvelle vague 22 démarre dans une eau calme ou en tout cas qui n'a pas été perturbée par la vague 22 précédente.

La présence de la région aquatique externe supérieure 25 est également favorable à la limitation des courants dans la région aquatique
10 interne 24.

En variante, l'épi est mis en œuvre dans une installation où il n'y a pas de région aquatique externe.

Pour éviter autant que possible le ressac, la première zone latérale 42 de l'épi 40, qui est celle qui la plus sollicitée par les vagues 22 puisque les
15 éléments mobiles 20 tournent dans le sens où ils se rapprochent de cette zone latérale, est pourvu de flèches 51.

Ainsi qu'expliqué ci-dessus, l'épi 40 sert également à l'évacuation de l'eau en fin de parcours des vagues.

Pour éviter que les éléments mobiles 20 fassent entrer de l'eau dans
20 le volume de recueil 48, on met en œuvre des mesures appropriées, par exemple un volet qui ferme le débouché vers l'extérieur du volume de recueil 48 quand l'élément mobile 20 passe devant, ou le trajet 21 est configuré pour que les éléments mobiles 20 passent au-dessus de la surface de l'eau à cet endroit.

En variante, l'épi 40 ne comporte pas de volume de recueil 48, par
25 exemple en ayant la zone intermédiaire 44 de sa surface supérieure 41 qui est remplacée par une simple crête.

Dans une autre variante non représentée, l'installation 10 ne comporte pas d'épi tel que l'épi 40.

On va maintenant décrire à l'appui de la figure 6 une variante de
30 l'installation 10.

Par commodité, on a gardé pour les éléments semblables les mêmes références numériques que pour l'installation 10 illustrée sur les figures 1 à 5.

D'une façon générale, l'installation 10 illustrée sur la figure 6 est semblable à l'installation 10 illustrée sur les figures 1 à 5, si ce n'est que le support qui fournit la surface supérieure 14 n'est pas une plateforme située au-dessus d'une région aquatique sous-jacente mais un substrat 55 faisant partie
5 du sol et entouré par un bassin annulaire 56 dont la surface de fond 54 est bien plus basse que la zone de bord 15 ; et que l'eau du milieu aquatique 23 est de l'eau traitée, en l'occurrence de l'eau de piscine.

Pour mettre en œuvre la communication fluïdique située sous la surface supérieure 14 du support que forme le substrat 55, des conduits 57
10 sont ménagés dans le substrat 55. Chaque conduit 57 débouche à une extrémité, par une ouverture 58, dans le volume de recueil 32 du substrat 55 et, à l'autre extrémité, par une ouverture 59, dans la région aquatique profonde 26.

Ici, le substrat 55 et le bassin annulaire 56 sont formés par un ouvrage en maçonnerie.

15 Dans des variantes non représentées :

- le nombre d'éléments mobiles tels que 20 du générateur de vagues tel que 12 est différent de quatre, par exemple un seul, deux, trois ou davantage que quatre ;
- un îlot émergé est prévu au centre du volume de recueil tel que
20 32 du support tel que la plateforme 11 ou le substrat 55, par exemple un îlot sur lequel sont disposés des bâtiments ;
- le trajet tel que 21 du ou des éléments mobiles tels que 20, et donc le contour du support tel que la plateforme 11 ou le substrat 55 est annulaire sans être circulaire, par exemple ovale, oblong et/ou avec des
25 ondulations ; ou encore ce trajet n'est pas annulaire, par exemple rectiligne ou incurvé.

EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention vise à fournir une installation à vague artificielles du même genre mais dont le générateur de vagues artificielles est plus performant.

30 L'invention propose à cet effet une installation à vagues artificielles pour la pratique du surf, comportant :

- un support présentant une surface supérieure comportant une

zone de bord, une zone d'évolution de vagues et une zone culminante, la zone d'évolution de vagues s'étendant, en pente vers le haut, de la zone de bord à la zone culminante ;

- de l'eau située au-dessus de ladite zone de bord et de ladite
- 5 zone d'évolution de vagues ;
- un générateur de vagues artificielles comportant au moins un élément d'entraînement d'eau mobile au-dessus de la zone de bord suivant un trajet prédéterminé, ledit générateur de vagues et ladite surface supérieure du support étant configurés pour que quand le générateur de vagues est en
- 10 service, l'élément mobile est suivi latéralement par une vague se déplaçant dans l'eau vers la zone d'évolution de vagues au contact de laquelle la vague générée déferle vers la zone culminante ;
- caractérisée en ce que ledit élément mobile du générateur de vagues comporte un corps délimitant une chambre d'écoulement d'eau débouchant par
- 15 une ouverture d'entrée située à l'avant et regardant vers l'avant et par une ouverture de sortie située en arrière de l'ouverture d'entrée et regardant vers la zone d'évolution de vagues, ledit corps comportant des parois périphériques qui ferment entièrement ladite chambre depuis ladite ouverture d'entrée jusqu'à ladite ouverture de sortie sauf optionnellement du côté qui regarde vers le haut.
- 20 Quand le générateur de vagues est en service (lorsque l'élément mobile est entraîné vers l'avant suivant le trajet prédéterminé), les seules ouvertures de la chambre d'écoulement d'eau par lesquelles passe l'eau sont l'ouverture d'entrée et l'ouverture de sortie (s'il y a une ouverture du côté qui regarde vers le haut, il n'y a pas d'eau qui passe par elle en raison de la
- 25 gravité). L'eau rentre dans la chambre d'écoulement par l'ouverture d'entrée (puisqu'elle est à l'avant et regarde vers l'avant) et sort de la chambre d'écoulement par l'ouverture de sortie (puisqu'elle est en arrière de l'ouverture d'entrée). Il est ainsi possible, par exemple en mettant en œuvre les caractéristiques avantageuses exposées ci-après, de conformer l'eau éjectée
- 30 par l'ouverture de sortie en un jet ayant des caractéristiques homogènes, notamment d'orientation et de valeur de vitesse. Vu que l'ouverture de sortie regarde vers la zone d'évolution de vagues, le jet d'eau éjecté par l'ouverture

de sortie se dirige vers la zone d'évolution de vagues, en formant une vague qui suit latéralement l'élément mobile.

On observera qu'avec le générateur décrit dans le brevet américain 3,913,332, l'écoulement d'eau est libre (il n'y a pas de chambre d'écoulement d'eau fermée en périphérie depuis une ouverture d'entrée jusqu'à une ouverture de sortie) et qu'il ne peut donc pas être créé un jet d'eau à caractéristiques d'orientation et de vitesse homogènes, contrairement au générateur de vagues que comporte l'installation selon l'invention, qui est donc bien plus performant en matière de maîtrise de la conformation des vagues générées et en matière d'efficacité énergétique.

Selon des caractéristiques favorables aux performances de l'installation selon l'invention :

- lesdites parois périphériques dudit corps délimitent dans ladite chambre d'écoulement d'eau un tronçon d'entrée s'étendant vers l'arrière à partir de ladite ouverture d'entrée et un tronçon de sortie s'étendant vers l'arrière jusqu'à ladite ouverture de sortie, avec le tronçon de sortie qui est en arrière du tronçon d'entrée ;
- le tronçon d'entrée est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues et du côté opposé à la zone d'évolution de vagues par des portions desdites parois périphériques qui sont orientées suivant ledit trajet, avec ledit tronçon de sortie qui est délimité du côté opposé à la zone d'évolution de vagues et optionnellement du côté de la zone d'évolution de vagues par des portions desdites parois périphériques qui sont orientées suivant une direction de sortie faisant avec ledit trajet un angle prédéterminé de changement de direction ;
- le tronçon d'entrée est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues et du côté opposé à la zone d'évolution de vagues par des portions desdites parois périphériques qui sont orientées suivant une direction inclinée faisant avec ledit trajet un angle d'incidence, ladite direction inclinée étant orientée vers l'arrière et vers l'opposé de la zone d'évolution de vagues, avec ledit tronçon de sortie qui est délimité du côté opposé à la zone d'évolution de vagues et optionnellement du côté de la zone d'évolution de vagues par des

- portions desdites parois périphériques qui sont orientées suivant une direction de sortie faisant avec ledit trajet un angle prédéterminé de changement de direction ;
- ledit angle d'incidence est compris entre 5° et 30°,
- 5 préférentiellement entre 8° et 20°, et plus préférentiellement entre 10° et 16° ;
- ledit angle prédéterminé de changement de direction est compris entre 20° et 60°, préférentiellement entre 25° et 40°, et plus préférentiellement entre 30° et 35° ;
 - la vitesse avec laquelle ledit élément mobile est entraîné par
- 10 rapport audit support est comprise entre $\sqrt{gH}$ et $2\sqrt{gH}$, avec g qui est l'accélération de la pesanteur et H qui est la hauteur de l'eau au-dessus de la zone de bord ;
- l'ouverture d'entrée est entièrement immergée alors que l'ouverture de sortie est émergée à son sommet ;
- 15 - ledit tronçon de sortie est délimité seulement du côté opposé à ladite zone d'évolution de vagues, ladite ouverture de sortie s'étendant dans le prolongement de ladite portion de paroi périphérique qui délimite le tronçon d'entrée du côté de la zone d'évolution de vagues ;
- ladite chambre d'écoulement d'eau a en section une forme
- 20 rectangulaire ;
- ledit élément mobile comporte des ailettes de déflexion disposées dans ladite chambre d'écoulement d'eau, chaque dite ailette ayant, dans un tronçon de changement d'orientation dans lequel l'écoulement dans ladite chambre d'écoulement d'eau passe de l'orientation suivant ledit trajet à
- 25 l'orientation suivant ladite direction de sortie, une orientation générale suivant une direction angulairement à mi-chemin entre ledit trajet et ladite direction de sortie ;
- lesdites ailettes s'étendent pour leur majeure partie dans ledit tronçon de changement d'orientation ;
- 30 - lesdites ailettes s'étendent sur une majeure partie dudit tronçon d'entrée, ou alors sur une majeure partie dudit tronçon de sortie, ou alors sur

une majeure partie dudit tronçon d'entrée et sur une majeure partie dudit tronçon de sortie ;

- ladite installation comporte une structure annulaire d'entraînement des éléments mobiles qui est flottante ;
- 5 - ladite installation comporte des propulseurs fixés à la structure annulaire pour l'entraîner et/ou un entraîneur fixe qui fait tourner un galet en contact avec la surface externe de la structure annulaire pour l'entraîner ; et/ou
- au moins un dit élément mobile, ladite structure annulaire et la fixation entre ladite structure annulaire et ledit au moins un élément mobile sont
- 10 configurés pour que ledit au moins un élément mobile soit rétractable dans ladite structure annulaire.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'exposé de l'invention sera maintenant poursuivi par la description détaillée d'exemples de réalisation, donnée ci-après à titre illustratif et non

15 limitatif, en référence aux dessins annexés.

Les figures 1 à 6 illustrent une installation de l'état de la technique, précédemment décrite, dont l'installation selon l'invention diffère uniquement par l'agencement des éléments mobiles du générateur de vagues.

[Fig 7] La figure 7 est une vue semblable à la partie supérieure de la

20 figure 4 mais pour l'installation selon l'invention, la figure 7 montrant donc en vue de dessus l'un des éléments mobiles du générateur de vagues de l'installation selon l'invention et l'environnement immédiat de cet élément mobile.

[Fig 8] La figure 8 est une vue en perspective de l'élément mobile de

25 la figure 7, prise depuis la zone d'évolution de vagues et depuis le dessus.

[Fig 9] La figure 9 est une vue semblable à la figure 7 mais simplifiée, sur laquelle des flèches indiquent les vitesses respectives de l'élément mobile et de l'eau dans son environnement immédiat, par rapport au support de l'installation.

30 [Fig 10] La figure 10 est une vue semblable à la figure 9, sauf que les vitesses sont indiquées par rapport à l'élément mobile.

[Fig 11] La figure 11 est un diagramme montrant les relations entre les vitesses représentées sur les figures 9 et 10.

[Fig 12] La figure 12 est une vue en élévation de l'élément mobile illustré sur les figures 9 et 10, prise depuis la zone d'évolution de vagues, le
5 générateur de vagues étant au repos.

[Fig 13] La figure 13 est une vue semblable à la figure 10 mais pour une variante de l'élément mobile qui comporte des ailettes de déflexion courtes.

[Fig 14] La figure 14 est une vue semblable à la figure 12 mais avec l'élément mobile de la figure 13.

10 [Fig 15] La figure 15 est une vue semblable à la figure 10 mais pour une variante l'élément mobile qui comporte des ailettes de déflexion longues.

[Fig 16] La figure 16 est une vue semblable à la figure 14 mais avec l'élément mobile de la figure 15.

15 [Fig 17] La figure 17 est une vue semblable à la figure 12 mais pour une variante de l'élément mobile qui comporte un tronçon d'entrée délimité par des portions de parois inclinées vers l'arrière et vers le haut.

[Fig 18] La figure 18 est une vue semblable à la figure 12 mais pour une variante de l'élément mobile similaire à celle illustrée sur la figure 17 et qui comporte en outre une persienne disposée en travers de son ouverture de
20 sortie, ainsi que des ailettes de déflexion longues similaires à celle de l'élément mobile illustré sur les figures 15 et 16.

[Fig 19] La figure 19 est une vue en élévation de l'élément mobile illustré sur la figure 18, prise depuis l'avant.

25 [Fig 20] La figure 20 est une vue semblable à la figure 12 mais pour une variante de l'élément mobile similaire à celle illustrée sur la figure 18 sauf que la persienne est agencée différemment.

[Fig 21] La figure 21 est une vue semblable à la figure 10 mais avec l'élément mobile de la figure 20.

30 [Fig 22] La figure 22 est une vue en perspective d'une variante de l'élément mobile similaire à celle illustrée sur les figures 15 et 16, et qui comporte en outre des portions de parois inclinées similaires à celles de l'élément mobile illustré sur la figure 17, ainsi que des entretoises disposées

dans son tronçon d'entrée, la vue étant prise depuis la zone d'évolution de vagues, l'avant et le dessus.

[Fig 23] La figure 23 est une vue semblable à la figure 22, certaines parties de l'élément mobile ayant été retirées.

5 [Fig 24] La figure 24 est une vue de dessus de l'élément mobile illustré sur la figure 22, sans une paroi périphérique de dessus que comporte l'élément mobile.

[Fig 25] La figure 25 est la vue en coupe repérée XXV-XXV sur la figure 24.

10 [Fig 26] La figure 26 est une vue similaire à la figure 15, mais pour une variante de l'élément mobile dans laquelle l'écart entre deux ailettes de déflexions successives est variable.

[Fig 27] La figure 27 est une vue semblable à la figure 10 mais pour une variante de l'élément mobile qui est similaire à celle illustrée sur les figures 15 et 16 et qui comporte en outre des portions rabattables.

[Fig 28] La figure 28 illustre en vue de dessus une variante du générateur de vagues artificielles qui comporte une structure annulaire rotative à laquelle sont fixés des éléments mobiles.

20 [Fig 29] La figure 29 est une vue en coupe transversale d'une coque tubulaire que comporte la structure annulaire.

[Fig 30] La figure 30 est une vue semblable à la figure 26 mais pour une variante de l'élément mobile dont le tronçon d'entrée est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues et du côté opposé à la zone d'évolution de vagues par des portions de parois périphériques qui ne sont pas orientées 25 suivant le trajet prédéterminé suivi par l'élément mobile mais inclinées par rapport à ce trajet.

DESCRIPTION DETAILLEE

Comme indiqué ci-dessus, l'installation 10' (figures 7 à 12) selon l'invention est identique à l'installation 10 illustrée sur les figures 1 à 6, si ce 30 n'est que les éléments mobiles 20 du générateur de vague 12 sont remplacés par des éléments mobiles 20' agencés différemment.

Par commodité, à l'exception des références numériques 10' et 20', on a gardé pour les éléments semblables les mêmes références numériques que pour l'installation 10 illustrée sur les figures 1 à 6.

L'élément mobile 20' du générateur de vagues 12 comporte un corps
5 60 délimitant une chambre d'écoulement d'eau 61 (figures 8 et 12) débouchant par une ouverture d'entrée 62 située à l'avant et regardant vers l'avant et par une ouverture de sortie 63 située en arrière de l'ouverture d'entrée 62 et regardant vers la zone d'évolution de vagues 16.

La chambre d'écoulement d'eau 61 a ici en section une forme
10 rectangulaire.

Le corps 60 comporte des parois périphériques qui ferment ici entièrement la chambre 61 depuis l'ouverture d'entrée 62 jusqu'à l'ouverture de sortie 63.

Autrement dit, les seules ouvertures de la chambre d'écoulement
15 d'eau 61 par lesquelles passe l'eau sont l'ouverture d'entrée 62 et l'ouverture de sortie 63.

Les parois périphériques sont ici une paroi interne 64 qui délimite la chambre d'écoulement d'eau 61 du côté de la zone d'évolution de vagues 16, une paroi externe 65 qui délimite la chambre d'écoulement 61 du côté opposé à
20 la zone d'évolution de vagues 16, une paroi de dessous 66 qui délimite la chambre d'écoulement 61 du côté qui regarde vers le bas, et une paroi de dessus 67 qui délimite la chambre d'écoulement 61 du côté qui regarde vers le haut.

Les parois périphériques 64, 65, 66 et 67 délimitent dans la chambre
25 d'écoulement d'eau 61 un tronçon d'entrée 68 et un tronçon de sortie 69, avec le tronçon de sortie 69 qui est en arrière du tronçon d'entrée 68 (figure 8).

Le tronçon d'entrée 68 s'étend vers l'arrière à partir de l'ouverture d'entrée 62.

Le tronçon de sortie 69 s'étend vers l'arrière jusqu'à l'ouverture de
30 sortie 63.

Le tronçon d'entrée 68 est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues 16 et du côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16 par des portions des parois périphériques qui sont orientées suivant le trajet 21.

Il s'agit ici d'une portion 71 de la paroi interne 64, ainsi que d'une
5 portion 72 de la paroi externe 65.

Le tronçon de sortie 69 est délimité du côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16 par une portion 76 de la paroi externe 65 qui est orientée suivant une direction de sortie 75 faisant avec le trajet 21 un angle prédéterminé de changement de direction, noté α .

10 Ici, le tronçon de sortie 69 n'est pas délimité du côté de la zone d'évolution de vagues 16.

En variante, le tronçon de sortie 69 est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues 16 par des portions des parois périphériques qui sont orientées suivant la direction de sortie 75.

15 Ici, la direction de sortie 75 est rectiligne.

En outre du tronçon d'entrée 68 et du tronçon de sortie 69, les parois périphériques 64, 65, 66 et 67 délimitent dans la chambre d'écoulement d'eau 61 un tronçon de changement de direction 70 raccordant le tronçon d'entrée 68 au tronçon de sortie 69.

20 Le tronçon de changement de direction 70 est délimité du côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16 par une portion coudée 78 de la paroi externe 65. La concavité de la portion coudée 78 est tournée vers la zone d'évolution de vagues 16. La portion coudée 78 raccorde ici la portion 72 à la portion 76.

25 Le tronçon de changement de direction 70 est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues 16 par une portion coudée 77, dont la concavité est tournée vers la zone d'évolution de vagues 16. La portion coudée 77 raccorde ici la portion 71 au bord de l'ouverture de sortie 63.

30 Les parois de dessus 67 et de dessous 66 sont ici chacune plane et orientée généralement horizontalement, comme on le voit sur la figure 12.

L'eau s'écoule dans la chambre 61 d'abord dans le tronçon d'entrée 68 puis dans le tronçon de changement de direction 70 puis dans le tronçon de sortie 69.

5 Dans le tronçon de changement de direction 70, l'écoulement d'eau a une orientation qui passe de l'orientation qu'il a dans le tronçon d'entrée (suivant le trajet 21) à l'orientation qu'il a dans le tronçon de sortie 69 (suivant la direction de sortie 75).

Dans l'exemple des figures 7 et 8, les parois 77 et 78 sont incurvées. En variante, le tronçon de changement de direction 70 est délimité
10 différemment du côté de la zone d'évolution de vagues 16 et du côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16, par exemple les parois 72 et 76 se raccordent directement l'une à l'autre (aucune paroi incurvée telle que 78 n'est prévue entre elles) tandis que la paroi 71 va jusqu'à l'ouverture de sortie 63 (aucune paroi incurvée telle que 77 n'est prévue), le tronçon de changement de direction
15 70 étant alors entièrement ouvert du côté de la zone d'évolution de vagues 16 et délimité du côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16 par les parois 72 et 76 au voisinage de leur raccordement.

Dans l'exemple des figures 7 et 8, les parois 71 et 72 sont incurvées. En variante, comme illustré notamment sur les figures 9 et 10, les parois 71 et
20 72 sont planes.

Le fonctionnement de l'élément mobile 20' va maintenant être décrit à l'appui des figures 9 à 12.

Pour simplifier, on a considéré sur ces dessins que le trajet 21 est rectiligne.

25 Cette hypothèse correspond d'ailleurs à une approximation qui peut être mise en pratique dans les cas où le diamètre du trajet 21 est suffisamment grand, par exemple au moins égal à 50 m.

Dans ce qui suit, on considérera donc, sauf exception mentionnée explicitement, que le trajet 21 est rectiligne.

30 Pour simplifier les figures 9 et 10, on n'a pas représenté la direction de sortie 75 et l'angle α est indiqué entre le trajet 21 et la paroi 76 (qui est orientée suivant la direction de sortie 75).

La figure 9 représente l'élément mobile 20' et son environnement immédiat lorsque le générateur de vagues 12 est en service.

Les flèches 79 et 80 indiquent respectivement la vitesse de l'élément mobile 20' et la vitesse de l'eau éjectée de la chambre d'écoulement 61 par l'ouverture de sortie 63, chacune par rapport au support 11 ou 55 de l'installation 10'.

On notera que les flèches 79 et 80 indiquent non seulement l'orientation et le sens de la vitesse, mais que leur longueur est en outre représentative de la valeur de la vitesse.

Quand le générateur de vagues 12 est en service, l'élément mobile 20' est entraîné suivant le trajet prédéterminé 21, vers l'avant et à une vitesse prédéterminée par rapport au support 11 ou 55 de l'installation 10'.

L'eau rentre dans la chambre d'écoulement 61 par l'ouverture d'entrée 62 (puisque'elle est à l'avant et regarde vers l'avant) et sort de la chambre d'écoulement 61 par l'ouverture de sortie 63 (puisque'elle est en arrière de l'ouverture d'entrée 62).

Le corps 60 guide donc l'écoulement de l'eau à la façon d'un coude de tuyauterie.

Ici, le corps 60 est configuré en appliquant les règles connues de l'homme du métier en matière de dimensionnement des coudes de tuyauterie pour que l'eau s'écoule de façon homogène ou à peu près au niveau de l'ouverture de sortie 63.

L'eau éjectée par l'ouverture de sortie 63 est ainsi conformée en un jet ayant des caractéristiques homogènes, notamment d'orientation et de valeur de vitesse.

Vu que l'ouverture de sortie 63 regarde vers la zone d'évolution de vagues 16, le jet d'eau éjecté par l'ouverture de sortie 63 se dirige vers la zone d'évolution de vagues 16, en formant une vague 22 (figure 4) qui suit latéralement l'élément mobile 20'.

La figure 10 est une vue semblable à la figure 9, mais sur laquelle les flèches 81 et 82 indiquent respectivement la vitesse de l'eau qui rentre dans la chambre d'écoulement 61 par l'ouverture d'entrée 62 et la vitesse de l'eau qui

est éjectée de la chambre d'écoulement 61 par l'ouverture de sortie 63, chacune par rapport à l'élément mobile 20'.

Avant le passage de l'élément mobile 20', l'eau au-dessus du support 11 ou 55 est immobile par rapport au support 11 ou 55.

5 L'eau entre donc dans la chambre d'écoulement 61 avec une vitesse 81 par rapport à l'élément mobile 20' dont la valeur est la même que celle de la vitesse 79 à laquelle l'élément mobile 20' se déplace par rapport au support 11 ou 55.

On suppose que la section de l'écoulement reste constante depuis
10 l'ouverture d'entrée 62 jusqu'à l'ouverture de sortie 63 et qu'ainsi la vitesse de l'écoulement conserve la même valeur.

La valeur de la vitesse 81 de l'eau au niveau de l'ouverture d'entrée 62 est donc la même que la valeur de la vitesse 82 de l'eau au niveau de l'ouverture de sortie 63.

15 Puisque la valeur de la vitesse 81 de l'eau est la même que la valeur de la vitesse 79 de l'élément mobile 20', la valeur de la vitesse 82 de l'eau est aussi la même que la valeur de la vitesse 79 de l'élément mobile 20'.

Puisque les portions des parois périphériques qui délimitent le tronçon de sortie 69 sont orientées suivant la direction de sortie 75, la vitesse
20 de l'eau qui sort de la chambre d'écoulement 61 a la même orientation, vis-à-vis de l'élément mobile 20', que ces parois périphériques, c'est-à-dire la même orientation que la direction de sortie 75.

La vitesse 82 est donc orientée suivant la direction de sortie 75.

On va maintenant expliquer à l'aide du diagramme de la figure 10
25 quelle est la vitesse 80 du jet d'eau à travers l'ouverture de sortie 63 de l'élément mobile 20' en fonction de la vitesse 79 de déplacement de l'élément mobile 20' par rapport au support 11 ou 55 et de l'angle α .

D'après la loi de composition des vitesses, la vitesse 80 du jet d'eau par rapport à la plateforme 11 est égale à la somme (vectorielle) de la vitesse
30 82 du jet d'eau par rapport à l'élément mobile 20' et de la vitesse 79 de l'élément mobile 20' par rapport au support 11 ou 55.

Sur la figure 11, cette somme est schématisée par la disposition des vitesses 82, 79 et 80 en un triangle, qui est isocèle puisque la valeur de la vitesse 82 est la même que la valeur de la vitesse 79.

On voit que la vitesse 80 du jet d'eau est orientée par rapport au support 11 ou 55 suivant une direction faisant un angle $\alpha/2$ vers l'avant par rapport à une direction 84 perpendiculaire au trajet 21.

On peut en outre montrer que la valeur de la vitesse 80 du jet d'eau par rapport au support 11 ou 55 est $2\text{tg}(\alpha/2)$ fois celle de la vitesse 82 de l'eau par rapport à l'élément mobile 20'.

Or, comme indiqué ci-dessus, la valeur de la vitesse 82 est la même que la valeur de la vitesse 79.

Autrement dit, la valeur de la vitesse 80 du jet d'eau par rapport au support 11 ou 55 a une valeur de $2\text{tg}(\alpha/2)$ fois la valeur de la vitesse 79 de l'élément mobile 20' par rapport au support 11 ou 55.

Par exemple si $\alpha = 30^\circ$, la valeur de la vitesse 80 du jet d'eau par rapport au support 11 ou 55 est 0,54 fois la valeur de la vitesse 79 de l'élément mobile 20'.

L'angle de changement de direction α doit ainsi être (i) suffisamment grand pour que la valeur de la vitesse 80 permette de générer une vague ayant les caractéristiques requises pour la pratique du surf ; et (ii) suffisamment petit pour que la direction de la vitesse 80 reste proche de la direction 84 perpendiculaire au trajet 21, afin de permettre une bonne propagation de la vague 22 vers la zone d'évolution de vagues 16.

Il ressort des études effectuées par les inventeurs qu'il est avantageux que l'angle de changement de direction α soit compris entre 20° et 60° , préférentiellement entre 25° et 40° , et plus préférentiellement entre 30° et 35° .

Par ailleurs, il est avantageux que la vitesse de déplacement de l'élément mobile 20' soit supérieure à la vitesse de propagation des ondes dans la région du milieu aquatique 23 qui est située au-dessus de la zone de bord 15, notamment pour obtenir dans de bonnes conditions une vague 22 qui suit l'élément mobile 20'.

On peut faire l'hypothèse que la vague 22 est une onde de surface de faible amplitude se propageant dans un milieu à faible profondeur.

La vitesse de propagation des ondes est alors $c = \sqrt{gH}$, g étant l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre (dont la valeur conventionnelle est environ égale à $9,81 \text{ m/s}^2$) et H la hauteur de l'eau au-dessus de la zone de bord 15 (distance entre la zone de bord 15 et la surface de l'eau, montrée sur la figure 12).

Par exemple, si $H=1,5 \text{ m}$, alors $c = \sqrt{9,81 \times 1,5} = 3,84 \text{ m/s}$ soit $13,8 \text{ km/h}$ ou $7,46 \text{ nœuds}$.

Il est ainsi avantageux que la valeur de la vitesse 79 de l'élément mobile 20' par rapport au support 11 ou 55 soit au moins égale à $\sqrt{gH}$.

Il est également avantageux que la valeur de la vitesse 79 de l'élément mobile 20' par rapport au support 11 ou 55 soit suffisamment petite pour que la vague 22 soit stable.

Il ressort des études effectuées par les inventeurs qu'il est avantageux que la vitesse avec laquelle l'élément mobile 20' est entraîné par rapport au support 11 ou 55 soit comprise entre $\sqrt{gH}$ et $2\sqrt{gH}$, c'est-à-dire entre $3,13\sqrt{H}$ et $6,26\sqrt{H}$, et de préférence inférieure à $1,5\sqrt{gH}$, c'est-à-dire de préférence inférieure à $4,70\sqrt{H}$.

On notera que dans le cas où le diamètre du trajet 21 n'est pas suffisamment grand pour faire l'approximation que le trajet 21 est rectiligne, par exemple inférieur à 50 m , il est avantageux que le tronçon d'entrée 68 soit généralement incurvé, comme montré sur les figures 7 et 8, le centre de courbure étant le même que celui du trajet 21. Les portions 71 et 72, qui délimitent le tronçon d'entrée 68, sont donc généralement incurvées, ce qui permet que ces portions 71 et 72 soient chacune le mieux possible orientées suivant le trajet 21 tout au long du tronçon d'entrée 68.

Les figures 13 et 14 illustrent une variante de l'élément mobile 20' qui est identique à l'élément mobile 20' montré sur les figures 7 à 12 sauf qu'il comporte en outre des ailettes de déflexion 85.

On notera que pour simplifier, on a dessiné les ailettes de déflexion 85 en trait plein sur la figure 13, alors qu'elles auraient dû être en trait interrompu puisqu'elles sont sous la paroi périphérique de dessus 67.

Les ailettes de déflexion 85 sont disposées dans le tronçon de
5 changement d'orientation 70 dans lequel l'écoulement dans la chambre 61 passe de l'orientation suivant le trajet 21 (orientation qu'a l'écoulement dans le tronçon d'entrée 68) à l'orientation suivant la direction de sortie 75 (orientation qu'a l'écoulement dans le tronçon de sortie 69).

Chaque ailette 85 est formée par une paroi debout s'étendant sur
10 toute la hauteur de la chambre 61 (c'est-à-dire depuis la paroi de dessus 67 jusqu'à la paroi de dessous 66) entre un bord avant 86 regardant vers l'ouverture d'entrée 62 et un bord arrière 87 regardant vers l'ouverture de sortie 63. Entre le bord avant 86 et le bord arrière 87, les ailettes 85 ont une orientation générale suivant une direction angulairement située entre le trajet 21
15 et la direction de sortie 75, ici angulairement à mi-chemin (l'écart angulaire entre cette direction et le trajet 21 ou la direction 75 est de l'ordre de $\alpha/2$).

Ici, les ailettes 85 sont identiques et disposées parallèlement les
unes aux autres suivant un pas régulier le long d'une direction angulairement à mi-chemin entre une direction transversale au trajet 21 et une direction
20 transversale à la direction de sortie 75 et passant par le point d'intersection entre le trajet 21 et la direction de sortie 75.

On notera que les ailettes 85 sont ici relativement courtes, selon leur direction d'extension transversale, c'est-à-dire suivant le sens de l'écoulement d'eau dans l'élément mobile 20'.

25 En particulier, les ailettes 85 ne s'étendent pas, ou peu, dans le tronçon d'entrée 68 et ne s'étendent pas, ou peu, dans le tronçon de sortie 69.

Grâce aux ailettes 85, tout se passe comme si l'écoulement dans la chambre 61 était subdivisé en une pluralité d'écoulement distincts, passant respectivement entre deux ailettes 85 voisines, entre la paroi périphérique
30 interne 64 et l'ailette 85 voisine, et entre la paroi externe 65 et l'ailette 85 voisine.

Dans l'exemple illustré sur les figures 13 et 14, où il y sept ailettes 85, tout se passe comme si l'écoulement dans la chambre 61 était subdivisé en huit écoulements distincts.

On sait qu'une règle de dimensionnement des coudes de tuyauterie pour que l'eau s'écoule de façon homogène ou à peu près est que la somme de la longueur du tronçon d'entrée et de la longueur du tronçon de sortie doit être sélectionnée en fonction de la section de l'écoulement.

Le fait que grâce aux ailettes 85 tout se passe comme si l'on avait huit écoulements distincts permet donc de réduire considérablement la somme de la longueur du tronçon d'entrée et de la longueur du tronçon de sortie, et donc d'avoir un corps 60 particulièrement compact.

Par exemple, en ajoutant les sept ailettes 85, il est possible d'avoir pour le corps 60 une largeur (plus grande dimension transversale, en l'occurrence la distance entre les parois 64 et 65) qui est de 1,20 m et une longueur (plus grande dimension longitudinale, en l'occurrence la dimension longitudinale de la face du corps 60 regardant vers la zone d'évolution de vague 16) qui est de 3 m.

Ici, chaque ailette 85 est incurvée et conformée en aile portante avec un bord d'attaque formé par son bord avant 86, un bord de fuite formé par son bord arrière 87, une face d'intrados 88 regardant vers la zone d'évolution de vagues 16 et une face d'extrados 89 regardant vers le côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16, la face d'extrados 89 ayant ici une longueur développée plus grande que la longueur développée de la face d'intrados 88.

En variante, les ailettes son conformées différemment, par exemple en étant incurvées à épaisseur constante ou planes.

Les figures 15 et 16 illustrent une variante de l'élément mobile 20' qui est similaire à la variante de l'élément mobile 20' illustrée sur les figures 13 et 14 sauf que ses ailettes de déflexion 90 sont à épaisseur constante et s'étendent sur toute la longueur de la chambre d'écoulement d'eau 61, c'est-à-dire depuis l'ouverture d'entrée 62 jusqu'à l'ouverture de sortie 63, de telles ailettes 90 étant par la suite appelées ailettes de déflexion longues.

Les portions des ailettes longues 90 situées dans le tronçon d'entrée 68 sont orientées suivant le trajet 21, tandis que les portions des ailettes longues 90 situées dans le tronçon de sortie 69 sont orientées suivant la direction de sortie 75. Les portions des ailettes longues 90 situées dans le tronçon de changement de direction 70 ont une orientation générale suivant une direction angulairement entre le trajet 21 et la direction de sortie 75, ici angulairement à mi-chemin comme les ailettes courtes 85.

Les ailettes longues 90 permettent d'avoir un corps 60 particulièrement compact, pour les mêmes raisons que pour les ailettes courtes 85. L'extension des ailettes longues 90 sur toute la longueur de la chambre 61 procure une homogénéité d'écoulement particulièrement élevée et donc un jet d'eau éjecté par l'ouverture de sortie qui est particulièrement homogène.

En variante, les ailettes 90 ne s'étendent pas sur toute la longueur de la chambre 61 mais sur seulement une partie du tronçon d'entrée 68 et/ou une partie du tronçon de sortie 69.

L'élément mobile 20' illustré sur les figures 15 et 16 comporte ici quatre ailettes longues 90.

En variante, l'élément mobile 20' comporte moins de quatre ailettes longues telles que 90, par exemple une, deux ou trois, ou comporte plus de quatre ailettes longues, par exemple cinq, six (figures 22 à 24) ou treize (figure 19).

On notera que dans les exemples de l'élément mobile 20' décrit ci-dessus, les ouvertures 62 et 63 sont au même niveau et sont en outre chacune entièrement immergées (figure 12).

La figure 17 illustre une variante de l'élément mobile 20' qui est identique à l'élément mobile 20' illustrée sur les figures 7 à 10 et 12, sauf que les portions des parois de dessus 67 et de dessous 66 qui délimitent le tronçon d'entrée 68 sont chacune orientées suivant une direction inclinée vers l'arrière et vers le haut.

L'ouverture de sortie 63 se retrouve ainsi positionnée plus haut que l'ouverture d'entrée 62.

Ici, l'élément mobile 20' est disposé dans le milieu aquatique 23 de sorte que l'ouverture d'entrée 62 est entièrement immergée alors que l'ouverture de sortie 63 est émergée à son sommet.

Cette configuration est favorable à la qualité, pour la pratique du surf, de la vague 22, en particulier pour ce qui est de sa puissance et de sa forme.

Les figures 18 et 19 illustrent une variante de l'élément mobile 20' qui est identique à la variante de l'élément mobile illustrée sur la figure 17 sauf qu'il est prévu une persienne 92, disposée en travers de son ouverture de sortie 63, ainsi que des ailettes de déflexion longues 90 similaires à celles de l'élément mobile illustré sur les figures 15 et 16.

La persienne 92 comporte une pluralité de lamelles 93 qui sont orientées suivant une direction couchée, ici horizontale. Ici, les lamelles 93 sont inclinées vers la zone d'évolution de vagues 16 et vers le bas, de sorte à diriger vers le bas le jet d'eau éjecté par l'ouverture de sortie 63. Les lamelles 93 sont ici fixes par rapport à l'élément mobile 20'.

En variante, les lamelles telles que 93 sont montées rotatives de sorte que leur inclinaison vers la zone d'évolution de vagues 16 soit ajustable vers le haut ou vers le bas.

La persienne 92 est favorable à la qualité, pour la pratique du surf, de la vague 22, en particulier pour ce qui est de sa puissance et de sa forme.

La possibilité de changer l'orientation des lamelles 93 de la persienne 92 permet d'ajuster la conformation de la vague 22, notamment son épaisseur.

Les figures 20 et 21 illustrent une variante de l'élément mobile 20' qui est similaire à celle illustrée sur les figures 18 et 19 sauf que les ailettes de déflexion longues 90 sont moins nombreuses et que les lamelles 98 sont orientées suivant une direction debout, ici verticale.

Les lamelles 98 sont ici montées rotatives de sorte que leur inclinaison vers la zone d'évolution de vagues 16 est ajustable vers l'avant ou vers l'arrière, ce qui permet de faire varier l'orientation et la vitesse de déferlement de la vague 22 produite par l'élément mobile 20'.

Ici, les lamelles 98 sont inclinées vers la zone d'évolution de vagues 16 et vers l'arrière.

Dans des variantes non illustrées, une persienne telle que 92, avec des lamelles debout ou couchées telles que 93 ou 98, est prévue sur un
5 élément mobile configuré différemment que celui illustré sur la figure 17, par exemple sur un élément mobile tel que celui illustré sur les figures 7 à 10 et 12, ou sur les figures 13 et 14, ou sur les figures 15 et 16, ou encore sur les figures 22 à 25 que l'on va maintenant décrire.

Les figures 22 à 25 illustrent une variante de l'élément mobile 20' qui
10 est similaire à l'élément mobile 20' illustré sur les figures 7 à 10 et 12, sauf qu'il est pourvu d'aillettes de déflexion longues 90, d'un tronçon d'entrée 68 délimité par des parois de dessus et de dessous inclinées similaires à celles de l'élément mobile illustré sur la figure 17, et d'entretoises 94.

Les entretoises 94 sont ici formées par des parois planes qui sont
15 orientées chacune transversalement à la paroi périphérique interne 64 et à la paroi périphérique externe 65 et qui ici s'étendent depuis l'ouverture d'entrée 62 vers l'arrière.

Comme on le voit sur la figure 25, les entretoises 94 s'étendent ici sur environ les 2/5 de la longueur du tronçon d'entrée 68.

20 En variante, les entretoises 94 s'étendent sur une longueur plus importante, voire sur toute la longueur de la chambre 61. En variante encore les entretoises 94 sont disposées différemment, par exemple seulement dans le tronçon de changement de direction 70, seulement dans le tronçon de sortie 69 ou alors à la fois dans le tronçon de sortie 69 et dans le tronçon d'entrée 68
25 et/ou le tronçon de changement de direction 70.

Chaque entretoise 94 s'étend ici depuis la paroi périphérique externe 65 jusqu'à la paroi périphérique interne 64 (cette paroi 64, ainsi que l'aillette de déflexion 90 qui la jouxte, ont été retirées sur la figure 23).

Les entretoises 94 sont mécaniquement connectées aux parois
30 périphériques 64 et 65 ainsi qu'aux ailettes 90 à l'endroit de leur intersection. Les entretoises 94 permettent ainsi de rigidifier l'élément mobile 20' et en particulier de limiter les vibrations des ailettes 90 lorsque l'eau s'écoule dans la

chambre 61. Ici, comme expliqué ci-après, les entretoises 94 sont favorables à l'homogénéité de l'écoulement.

Les entretoises 94 sont ici régulièrement distribuées entre la paroi périphérique de dessus 67 (cette paroi 67 a été retirée sur la figure 23) et la paroi périphérique de dessous 66, et sont chacune orientée suivant une direction respective inclinée vers l'arrière et vers le haut. Ici, les entretoises 94, ainsi que les portions des parois de dessus 67 et de dessous 66 au droit desquelles les entretoises 94 se situent, sont orientées chacune suivant la même direction.

Grâce aux entretoises 94, tout se passe comme si l'écoulement dans la chambre 61 était subdivisé en une pluralité d'écoulements distincts, passant respectivement entre deux entretoises 94 voisines, entre la paroi périphérique de dessous 66 et l'entretoise 94 voisine, et entre la paroi périphérique de dessus 67 et l'entretoise 94 voisine.

Pour des raisons semblables à celles exposées ci-dessus mais pour le changement d'orientation entre une direction horizontale et une direction inclinée vers l'arrière et vers le haut, les entretoises 94 permettent d'avoir tout à la fois un écoulement homogène et un tronçon d'entrée de la chambre 61 qui est particulièrement compact.

On notera qu'ici l'élément mobile 20' comporte 6 ailettes de déflection 90.

Les entretoises 94 et les ailettes de déflection 90 sont ici agencées de sorte à former un quadrillage.

Comme bien visible sur la figure 22, l'ouverture d'entrée 62 et l'ouverture de sortie 63 ont ici chacune une forme rectangulaire respective. L'ouverture d'entrée 62 est ici allongée suivant une direction sensiblement verticale tandis que l'ouverture de sortie 63 est ici allongée suivant une direction sensiblement horizontale.

La figure 26 illustre une variante de l'élément mobile 20' similaire à celle illustrée sur les figures 15 et 16, sauf que l'écart entre deux ailettes de déflections 90 successives progresse, ici géométriquement, en augmentant depuis la paroi interne 64 vers la paroi externe 65.

La figure 27 illustre une variante de l'élément mobile 20' similaire celle illustrée sur les figures 15 et 16 sauf que sa paroi externe 65 et l'ailette de déflexion longue 90 la plus proche d'elle présentent chacune une portion 29 rabattable dans la chambre d'écoulement d'eau 61.

- 5 Chaque portion 29 est reliée au reste de la paroi externe ou de l'ailette 90 par une charnière 95.

- Chaque portion 29 est configurée pour admettre une position rabattue dans la chambre 61, dans laquelle son extrémité distale (extrémité opposée à la charnière 95) vient au contact de l'ailette 90 située immédiatement
10 après elle en direction de la paroi interne 64, de sorte à (i) interrompre la communication fluïdique entre le tronçon d'entrée 68 et le tronçon de sortie 69 dans les portions de la chambre 61 qui sont délimitées par la paroi externe 65 et l'ailette 90 la plus proche d'elle, et à (ii) autoriser une communication fluïdique entre le tronçon d'entrée 68 et les ouvertures 99 dégagées dans la
15 paroi externe 65 et l'ailette 90 la plus proche d'elle lorsque ces portions 29 sont rabattues. L'eau entrée dans le compartiment de la chambre 60 situé entre la paroi 65 et l'ailette 90 la plus proche ainsi que dans le compartiment situé entre cette ailette 90 et l'ailette voisine est ainsi éjectée en arrière du corps 60.

- Par conséquent, lorsque les portions 29 sont rabattues, le jet d'eau
20 éjecté par l'ouverture de sortie 63 a un débit moins élevé.

Il est ainsi possible de modifier sélectivement la conformation de la vague 22, en rabattant les deux portions 29, une seule portion 29 ou aucune portion 29.

- En particulier, il est ainsi possible de modifier sélectivement
25 l'épaisseur de la vague 22 (distance entre son front avant et son front arrière).

En variante, seule la paroi externe telle que 65 comporte une portion rabattable telle que 29. En variante encore, plusieurs ailettes de déflexion telles que 90 comportent une portion rabattable telle que 29.

- L'entraînement de l'élément mobile 20' suivant le trajet 21 s'effectue
30 comme décrit dans le brevet américain 3,913,332.

En variante, comme montré sur la figure 22, l'élément mobile 20' présente à son sommet une patte de montage 96 fixée au corps 60 et saillant

de la paroi de dessus 67. La patte de montage 96 est reliée à une structure d'entraînement (non illustrée) agencée à la façon d'un manège.

En variante, la patte 96 est positionnée différemment, par exemple la patte 96 saille de la paroi périphérique externe 65, ou encore l'élément mobile
5 comporte plusieurs pattes de montage telles que 96.

La patte 96 est ici un élément profilé ayant en section une forme rectangulaire.

En variante, la patte a en section une forme différente, notamment pour être plus hydrodynamique, par exemple une forme d'aile dont les faces
10 d'extrados et d'intrados opposées sont symétriques.

Les figures 28 et 29 illustrent une variante dans laquelle la structure d'entraînement agencée à la façon d'un manège (à laquelle l'élément mobile 20' se rattache) est remplacée par une structure annulaire 100.

A la structure annulaire 100 sont fixés des propulseurs 101
15 configurés pour la mettre en rotation tout en gardant le même centrage que le trajet 21, entraînant ainsi les éléments mobiles 20' suivant le trajet 21.

La structure annulaire 100 est ici flottante.

Pour ce faire, la structure annulaire 100 comporte une coque tubulaire 102 dont l'espace interne 103 est ici rempli d'air (figure 29).

En variante, l'espace interne 103 est au moins partiellement rempli
20 d'un matériau à faible densité, par exemple de la mousse.

La structure annulaire 100 a ici un diamètre d'environ 100 m.

Le support 11 ou 55 à utiliser avec ce générateur 12 a bien entendu un diamètre adapté en conséquence.

La coque tubulaire a ici un diamètre d'environ 1,0 m.

En variante, le diamètre de la coque tubulaire est différent, par exemple compris entre 1,0 et 1,5 mètres, voire davantage.

Les propulseurs 101, ici au nombre de quatre, sont disposés le long de la structure annulaire 100 en étant équidistants angulairement. Les
30 propulseurs 101 sont ici configurés pour coopérer avec le milieu aquatique et sont donc immergés. Les propulseurs comportent ici des hélices, carénées ou non.

Les propulseurs 101 sont par exemple agencés à la façon d'un propulseur de scooter des mers.

Des batteries ou des réservoirs de carburant, par exemple à hydrogène pour alimenter une pile à combustible alimentant elle-même les moteurs électriques des propulseurs, peuvent être embarqués sur la structure annulaire 100.

En variante, l'énergie est amenée aux moteurs à partir de l'extérieur, par exemple grâce à caténaires portés par des poteaux 104 disposés extérieurement à la structure annulaire 100.

En variante, des galets sont prévus sur des poteaux tels que 104 pour guider la structure annulaire 100.

Pour limiter la résistance à l'avancement de la structure annulaire, des hydrofoils peuvent être prévus afin de faire déjauger la structure 100 lorsqu'elle se déplace à sa vitesse de croisière.

Ces hydrofoils peuvent être orientables afin de faire varier la position en hauteur de la structure 100 lorsqu'elle est vitesse de croisière, et faire ainsi varier la configuration de vague 22.

Il est également possible de prévoir des dérives et/ou des safrans pour favoriser le maintien de la structure annulaire 100 sur sa trajectoire.

Les propulseurs peuvent bien entendu être associés aux hydrofoils, dérives et/ou safrans.

La structure annulaire 100 et les propulseurs 101 sont ici configurés pour tourner dans le sens des aiguilles d'une montre.

En variante, au moins un propulseur tel que 101 est configuré pour coopérer avec le milieu aérien et est donc émergé, un tel propulseur comportant par exemple une turbine, une voile, ou une structure cylindrique rotative configurée pour exploiter l'effet Magnus.

En variante, le nombre de propulseurs est inférieur à quatre, par exemple un, deux ou trois propulseurs, ou supérieur à quatre, par exemple cinq ou six.

En variante, les propulseurs sont configurés pour faire tourner la structure annulaire dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, les éléments mobiles étant configurés en conséquence.

En variante, les propulseurs embarqués sur la structure annulaire 100 sont remplacés par un entraîneur fixe et par une transmission, par exemple un motoréducteur qui fait tourner un galet en contact avec la surface externe de la structure annulaire 100 ou bien une pompe qui produit un jet d'eau dirigé sur des aubes présentes sur la surface externe de la structure annulaire 100.

En variante, le ou les élément(s) mobile(s) 20', la structure annulaire 100 et les fixations entre la structure annulaire 100 et le ou les élément(s) mobile(s) 20' sont configurés pour que le ou les élément(s) mobile(s) 20' puissent être rétractés dans la structure annulaire 100. Il est ainsi possible de faire fonctionner l'installation avec zéro, une ou plusieurs vague(s) suivant le nombre d'élément(s) mobile(s) déployé(s) hors de la structure annulaire 100.

En variante, le ou les élément(s) mobile(s) 20', la structure annulaire 100 et les fixations entre la structure annulaire 100 et le ou les élément(s) mobile(s) 20' sont configurés pour que le ou les élément(s) mobile(s) 20' ne soient pas saillants du côté interne de la structure annulaire 100. On améliore ainsi de façon simple et commode la sécurité des utilisateurs.

En variante, de même que pour la plateforme 11, il est prévu pour la structure annulaire 100 des caissons (non représentés) pouvant être remplis d'eau pour faire reposer la structure annulaire 100 sur le fond en cas de tempête.

Bien entendu, dans d'autres variantes, les caractéristiques des variantes exposées ci-dessus sont combinées.

On observera que la structure annulaire 100 convient également comme structure d'entraînement pour des éléments mobiles d'un générateur de vagues différents des éléments mobiles 20', par exemple tels que décrits par le brevet américain 3,913,332.

La figure 30 illustre une variante de l'élément mobile 20' similaire à celle illustrée sur la figure 26, sauf que le tronçon d'entrée 68 est délimité du côté de la zone d'évolution de vagues et du côté opposé à la zone d'évolution

de vagues par des portions 71 et 72 de parois périphériques qui ne sont pas orientées suivant le trajet prédéterminé 21 suivi par l'élément mobile 20' mais suivant une direction inclinée 105 faisant avec le trajet 21 un angle d'incidence prédéterminé, noté i .

5 Plus précisément, la direction inclinée 105 est orientée vers l'arrière et vers l'opposé de la zone d'évolution de vagues 16.

Bien que cela soit surprenant, il ressort des études effectuées par les inventeurs qu'une telle inclinaison facilite l'entrée de l'eau dans la chambre d'écoulement d'eau 61, et est donc favorable à la qualité de la vague obtenue
10 et à l'efficacité énergétique de l'installation.

Il semble que l'entrée d'eau dans la chambre 61 est ainsi facilitée parce que quand le générateur de vagues est en service, le contournement de l'élément mobile par l'eau environnante se produit comme montré sur la figure 30 par les lignes fléchées 106, en particulier à cause de l'obstacle que constitue
15 pour l'eau environnante le jet d'eau sortant de la chambre d'écoulement 61.

Ce contournement se produit dès l'amont de l'élément mobile 20', ce qui induit une orientation de l'eau selon la direction inclinée 105.

Il ressort des études effectuées par les inventeurs qu'il est avantageux que l'angle d'incidence i soit compris entre 5° et 30° ,
20 préférentiellement entre 8° et 20° , et plus préférentiellement entre 10° et 16° .

On observera que dans la variante illustrée sur la figure 30, le nombre d'ailettes de déflexions 90 est de trois alors qu'il est de quatre pour la variante illustrée sur la figure 26. Dans des variantes non illustrées, le nombre d'ailettes 90 est différent de trois ou quatre, par exemple deux ou cinq.

25 D'une façon générale, le fait que le tronçon d'entrée 68 soit délimité du côté de la zone d'évolution de vagues et du côté opposé à la zone d'évolution de vagues par des portions 71 et 72 de parois périphériques qui ne sont pas orientées suivant le trajet prédéterminé 21 suivi par l'élément mobile 10' mais suivant une direction inclinée 105 faisant avec le trajet 21 un angle
30 d'incidence prédéterminé, s'applique à l'ensemble des modes de réalisation de l'élément mobile 20'.

On observera que dans les exemples illustrés, sauf sur les figures 7 et 8, le tronçon de sortie 69 est délimité seulement du côté opposé à la zone d'évolution de vagues 16, l'ouverture de sortie 63 s'étendant dans le prolongement de la portion 64 de paroi périphérique qui délimite le tronçon d'entrée 68 du côté de la zone d'évolution de vagues 16.

Ainsi, le corps 60 ne présente pas de saillie du côté de la zone d'évolution de vagues, ce qui est favorable à ses qualités hydrodynamiques.

Dans une variante non illustrée, des entretoises telles que les entretoises 94 sont mécaniquement connectées aux ailettes de déflexion courtes telle que 85.

Dans une autre variante non illustrée, l'installation 10' comporte une persienne similaire à la persienne 92 décrite ci-dessus sauf qu'elle n'est pas solidaire de l'élément mobile 20' mais du support 11 ou 55 ; une telle persienne saillant vers le haut depuis la zone de bord 15 et étant positionnée de sorte à être longée de son côté qui regarde à l'opposé de la zone d'évolution de vagues par l'élément mobile 20' lorsque le générateur de vagues 12 est en service ; une telle persienne étant disposée le long d'au moins une portion du trajet 21, le long de plusieurs portions du trajet 21, ou le long de tout le trajet 21.

Dans une autre variante non illustrée, l'installation à vagues artificielles telle que 10' comporte un autre support, similaire au support tel que 11 ou 55 mais dont la surface supérieure est agencée en image miroir de la surface supérieure du support tel que 11 ou 55 ; et le générateur de vagues artificielles tel que 12 comporte un autre élément mobile, similaire à l'élément mobile tel que 20' mais dont l'agencement est en image miroir de l'élément mobile tel que 20' ; et avec de l'eau située au-dessus de la zone de bord et de la zone d'évolution de vagues de cet autre support ; de sorte que quand le générateur de vagues est en service, l'autre élément mobile est suivi latéralement par une autre vague, similaire à la vague tel que 22 mais dont le déplacement dans l'eau et le déferlement sont l'image miroir du déplacement et du déferlement de la vague telle que 22. De manière intéressante, cet autre élément mobile et l'élément mobile tel que 20' sont disposés côte à côte et sont solidaires l'un de l'autre.

- On observera que dans tous les modes de réalisation décrits ci-dessus, l'élément mobile 20', et plus précisément son corps 60, est configuré pour que l'écoulement d'eau dans la chambre 61 soit entièrement passif, c'est-à-dire se produisant du seul fait que l'élément mobile 20' est entraîné suivant le
- 5 trajet 21. Dans des variantes non illustrées, l'élément mobile 20' est configuré pour que l'écoulement d'eau dans la chambre 61 soit au moins partiellement passif, c'est-à-dire qu'une partie de l'écoulement est due à un élément actif telle qu'une pompe embarquée ; et de préférence configuré pour que l'écoulement d'eau dans la chambre 61 soit majoritairement passif.
- 10 Dans d'autres variantes non illustrées :
- la chambre d'écoulement d'eau peut être ouverte du côté qui regarde vers le haut, c'est-à-dire que les parois périphériques ne ferment qu'optionnellement la chambre d'écoulement d'eau du côté qui regarde vers le haut, par exemple si l'élément mobile est dépourvu d'une paroi périphérique de
 - 15 dessus ;
 - le tronçon de sortie tel que 69 n'est pas droit mais est généralement incurvé, les portions des parois périphériques le délimitant, tel que la portion 76, étant incurvées ;
 - la section de la chambre d'écoulement peut être différente de
 - 20 rectangulaire, par exemple ovale, circulaire ou triangulaire ; et/ou
 - dans l'installation 10, des turbines sont prévues pour récupérer l'énergie de l'eau sortant du volume de recueil 32 ou 48, par exemple au niveau des ouvertures 33, 39, 49 ou 58 ; ces turbines étant par exemple des turbines de Kaplan.
- 25 Plus généralement, l'invention ne se limite pas aux exemples décrits et représentés.